

*Живой̄ и дело  
ср̄йских научника*

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

---

BIOGRAPHIES AND BIBLIOGRAPHIES

Volume II

II SECTION

COMMITTEE FOR THE RESEARCH INTO THE LIVES AND WORK OF THE SCIENTISTS  
IN SERBIA AND SCIENTISTS OF SERBIAN ORIGIN

Book 2

---

*Lives and work  
of the Serbian scientists*

Editor

Academician

MILOJE SARIĆ

BELGRADE

1997

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

БИОГРАФИЈЕ И БИБЛИОГРАФИЈЕ

Књига II

II ОДЕЉЕЊЕ

ОДБОР ЗА ПРОУЧАВАЊЕ ЖИВОТА И РАДА НАУЧНИКА У СРБИЈИ  
И НАУЧНИКА СРПСКОГ ПОРЕКЛА

Књига 2

---

*Живот и дело  
српских научника*

Уредник  
академик  
МИЛОЈЕ САРИЋ

БЕОГРАД

1997

Примљено на VI скупу Одељења природно-математичких наука од 27. септембра 1996. год., на основу реферата *Драгомира Вийоровића, Рада Дацића, Ђорђа Злоковића, Стивана Карамајте, Момчила Којића, Војислава Марића, Николе Панјића, Милоја Р. Сарића, Божољуба Сјанковића, Милутина Сјефановића, Николе Хајдина*

Издаје

*Српска академија наука и уметности*

Лектор

*Милан Огавић*

Коректори

*Зорка Вукчевић*

*Љиљана Васић*

Превод на енглески језик

*Бошко Милосављевић*

*Мирјана Rewston*

Уједначавање библиографије

*Рајко Марковић*

Технички уредник

*Јелка Поморицац*

Ликовно решење корица

*Милош Пејковић*

Тираж 1.000 примерака

Штампа

*Завод за картографију „Геокарта“*  
Београд, Булевар војводе Мишића 39

Штампано уз финансијску помоћ Министарства за развој, науку и животну средину Савезне Републике Југославије и Министарства за науку, технологију Републике Србије и Министарства за културу Републике Србије

## ПРЕДГОВОР

Данас, када се број научних дисциплина све више умножава а поступци истраживања постају све сложенији, бављење историјом науке има посебан значај. Она упознаје истраживаче са научним проблемима из прошлости и кроз историјску генезу оцртава смисао питања која наука поставља. На тај начин историја науке, иако то изгледа парадоксално, добија посебно место у спектру наука будућности. Она треба да обједини различита искуства из прошлости на која ће се ослањати наука данас, дајући тако нови квалитет проучавањима савремених научних дисциплина.

Покретање едиције *Животи и дело српских научника* значајно је за будућност наше науке због сагледавања и схватања сопствене научне прошлости, али и као део образовања и као подстицај генерацијама за даљи напредак. Ово није у противречности са садашњицом у којој научне информације, хипотезе и теорије много брже настају али и много брже застаревају него што је то било у ранијим периодима, јер познавање историје науке има посебан значај и ствара одређену свест код научника о себи и о припадности националној и светској култури.

Историја српске науке је, поред тога, значајна и за оне који се не баве научним истраживањима јер отвара нове културне просторе. Ово потврђују и бројни скупови посвећени овим питањима, одржани у протеклих неколико година, као и појављивање специјализованих часописа и публикација. На тај начин превазилази се ограниченост културног простора као последица идеолошких предрасуда и незнања и наше национално биће се аутентично представља свету.

Уредник ове едиције је у предговору прве књиге изнео значај овог подухвата, уз напомену да ће Академијин Одбор за проучавање живота и рада научника Србије и научника српског порекла изван

Србије са захвалношћу размотрити сваки предлог за допуну и проширење истраживања. Неке институције и појединци предложили су да се у ова проучавања укључе српски ствараоци из ранијих векова. Одбор је прихватио да списак од 133 особе наведене у предговору прве књиге допуну именима следећих стваралаца:

1. Марин Геталдић	1568–1626.
2. Руђер Бошковић	1711–1787.
3. Захарије Орфелин	1726–1784.
4. Емануило Јанковић	1758–1791.
5. Атанасије Стојковић	1773–1832.
6. Павле Соларић	1781–1820.
7. Јован Стајић	1804–1843.
8. Вук Маринковић	1807–1859.
9. Ђорђе Натошевић	1821–1887.
10. Јован Драгашевић	1836–1915.
11. Јован Мишковић	1844–1908.
12. Милан Андоновић	1849–1926.
13. Милан Г. Недељковић	1857–1950.
14. Максим Трпковић	1864–1924.

Разуме се да су доприноси појединаца врло различити и могу се сагледати само после проучавања живота и дела сваке особе појединачно. Стога овај одбор нити било која друга институција или рецензенти нису у могућности да унапред процене значај доприноса сваког појединца. Из ових разлога може се догодити да се нека од наведених имена, после проучавања њиховог стваралаштва, неће наћи у овој едицији.

Основни постулат у раду Одбора јесте да анализа живота и рада сваког од стваралаца мора бити потпуна. Настојаће се да се у овим проучавањим очува максимална објективност. Поново наглашавамо да су при томе обухваћене основне природно-математичке науке и њихове одговарајуће научне области.

У прилозима који се објављују у едицији *Живоџи и дело српских научника* покушава се открити који су проблеми заокупљали великане српске науке, како су их решавали, до којих су резултата долазили и колико су највећи синови овога народа допринели српској науци и чиме су задужили свој народ.

Вероватно да ће слике о неким научницима нама изгледати бледе и неуверљиве и такви се у овој едицији неће наћи. Међутим, код других ће се уочити сјајни, неоправдано запостављени различити правци стицања духовног богатства и открити до сада несхваћени доприноси. Биће и таквих који ће бити препознатљиви по стицању угледа различитог карактера и репутација које су биле крунисане

материјалном добити. Све ово ће бити велики изазов за ауторе који се баве животима и делима српских научника, јер ће се морати уздићи изнад свих жеља или жаљења и приказати објективно све слабости и квалитете појединаца које проучавају. Како аутори у својим истраживањима буду ближе садашњици све ће им теже бити да раздвоје појединачне особине и циљеве и нађу одговарајућа места дотичним личностима, као и објашњења настала заокретима који су утицали на њихове личне интересе (заборављајући при томе шта ће историја о њима рећи) и колико су они надвладали опште, научне, уметничке, културне и патриотске интересе у целини.

*Академик Милоје Р. Сарић*





## FOREWORD

Nowadays, when the number of scientific disciplines is multiplying and research procedure is becoming more complex, exploring the history of science has special importance. It has to inform researchers about the problems of the past and, through historical genesis, to outline the meaning of questions that the particular science explores. In that way, the history of science, although it may seem as paradox, has a particular place within the spectrum of sciences of future. It has to unify different kinds of experience from the past, on which present scientific achievements should lean on, and give new quality to study of contemporary scientific disciplines.

Initiating the edition entitled *Lives and Work of the Serbian Scientists* is of special importance for the future of our science and for understanding of our own scientific past. It contributes to education process and gives incentive to generations for achieving new results. It is not in any contradiction with the present, when scientific information, hypotheses and theories are developed rapidly, but at the same time, they become out of date more rapidly. Knowledge on history of science has special importance as it creates certain scientist's consciousness of himself, of his belonging to national and international culture.

History of Serbian science is important even for those that are not in the area of scientific research as it opens new cultural space. A number of scientific meetings dealing with these issues during the past few years, as well as many specialised journals and periodicals that were started, confirm the above statement. Cultural domain restrained by ideological prejudices and ignorance is thus overcome and our national being is authentically presented to the world.

Editor of this edition, in the Foreword to the first book, points out the importance of endeavour undertaken. Should any scientists have been omitted, the Committee for the Research into the Lives and Work of the Scientists in Serbia and Scientists of Serbian Origin of the Serbian Academy of Sciences

and Arts will gratefully consider new suggestions. Some institutions and individuals have suggested that Serbian scientists from the earlier centuries should also find their place in this edition. The Committee has discussed and accepted the following scientists, who are not listed among 133 individuals included in the Foreword to the first book.

1. Marin Getaldić	1568–1626.
2. Ruđer Bošković	1711–1787.
3. Zaharije Orfelin	1726–1784.
4. Emanuilo Janković	1758–1791.
5. Atanasije Stojković	1773–1832.
6. Pavle Solarić	1781–1820.
7. Jovan Stajić	1804–1843.
8. Vuk Marinković	1821–1887.
9. Đorđe Natošević	1836–1915.
10. Jovan Dragašević	1844–1908.
11. Jovan Mišković	1844–1908.
12. Milan Andonović	1849–1926.
13. Milan G. Nedeljković	1857–1950.
14. Maksim Trpković	1864–1924.

Contributions of individuals are different and could be realised only upon studying the work and life of each scientist individually. This Committee, or any other institution, including reviewers, can not, in advance, evaluate contribution of individuals. It may occur, due to this, that some of suggested names, upon the completion of study of their creative scientific contribution are not included in this edition. Basic postulate of the Committee is that none of the scientists during the process of evaluation and analysis should be misjudged. The main criterium is maximum objectiveness. Again, it should be emphasised that the Committee and its activity comprise the bases of natural sciences and mathematics and their corresponding branches.

Edition *Lives and Work of the Serbian Scientists* points to contributions and achievements of the great Serbian scientific minds. It deals with the problems they were coping with, solutions they found, results they achieved, and with their contribution to the Serbian nation.

Some of the portraits will seem unconvincing to us and will not be included in the edition *Lives and Work of the Serbian Scientists*. Nevertheless, brilliant and unjustly neglected different ways of acquiring spiritual richness and misjudged contributions will be found among others. There will be those that have become known for acquired reputation of different kinds and were crowned by financial gains. It is a challenge to the authors who are studying lives and work of the Serbian scientists as they will have to rise above their wishes and regrets and present objectively all faults and qualities of scientists

they are studying. Coming closer to the present times, the authors will find it even more difficult to make clear distinction between differences and aims set up for, and find adequate places for them. It will be also difficult to find explanation for turning points that influenced their personal interests, and to what extent those interests prevailed over common, scientific, artistic, cultural and patriotic interests. History will decide.

*Academician Miloje R. Sarić*



ИВАН АРНОВЉЕВИЋ  
(1869–1951)

Наталија Наерловић-Вељковић









## ПОДАЦИ О РОЂЕЊУ И ШКОЛОВАЊУ

Иван Васин Арновљевић родио се 7. марта 1869. г. у Великој Кикинди. Умро је 9. новембра 1951. г. у Београду.

Мајку је Арновљевић изгубио већ у осмој години, а оца, који је био судија окружног суда, годину дана касније. Тада су га прихватили мајчини родитељи. Прва четири разреда гимназије завршио је у Великој Кикинди, а виша четири разреда у Новом Саду, на самоуправној Српској православној гимназији, где је матурирао 1886. г. [I], [II].

По завршеној гимназији „прихвати га духовна мајка војвођанских Срба, Матица српска и даде му стипендију за школовање на бечкој Политехници“, како то каже акад. Миланковић [II]. Ту је 1892.г. положио инжењерски испит и отпочео инжењерску праксу.

## ИНЖЕЊЕРСКИ РАД У БЕЧУ

Прво запослење (1892.г.) Арновљевић добија у бироу за трасирање инж. Seligmann-a, где је учествовао на грађењу железница кроз долину реке Гаил. Међутим, Арновљевића више привлачи мостостројство и посао у коме се упражњава статика, што га наводи да пређе у конструкциони биро инж. Liss-a, где је 1894.г. сарађивао на конкурс за израду моста преко Дунава код Будимпеште. У то време проф. Брик нуди му место конструктора на Катедри за мостостројство. Арновљевић се, међутим, захваљује на тој ласкавој понуди – због личне скромности и критичности.

Исте године Арновљевић започиње рад у конструкционом бироу фирме Waagner. У тој фирми, која је била специјализована за мостостројство, Арновљевић налази бирано друштво (инж. Р. Neumann и други, који су сви касније постали професори техничких великих школа) и постепено стиче значајно искуство у конструкторству.

Прераставши статус почетника који је имао у фирми Waagner, Арновљевић добија 1897.г. место самосталног конструктора код фирме за грађење мостова Biró у Бечу. После краћег времена нуди му и фирма Waagner место руководиоца бироа, али се Арновљевић на тој понуди захваљује, а у фирми Biró остаје да ради пуних шест година, до 1903.г.

Ево како тадашњи др Миланковић [III] процењује Арновљевића при крају његовог периода развоја у конструкторству: „Постаде врло стручан и цењен инжењер-конструктор великих бечких предузећа за гвоздене конструкције и мостове и десетогодишњом праксом на том пољу грађевинске технике стече знања и искуства каквих их онда није имао ниједан други Србин, не изузимајући ни професоре београдског Техничког факултета.“

Међутим, ако је Миланковић на такав начин рангирао Арновљевића, то још не значи да ће га на одговарајући начин умети да цене и његови земљаци. Постоји, наиме, податак да је 1903.г. Арновљевић био дошао на идеју да пређе у Београд и ступи у службу код Српских државних железница, о чему започе преговоре. Убеђен да ће се преговори повољно завршити, он даје отказ на службу у фирми Biró у Бечу. Међутим, преговори са Железницама завршавају се тако што му Срби нуде место које ни у ком случају није одговарало његовим квалификацијама и десетогодишњој пракси у конструкторству. На тај начин Арновљевић долази у ситуацију да одбије учињену му понуду и остаје у Бечу 13 месеци без службе. То време за Арновљевића дакако није било изгубљено, јер га је богато искористио за обнову и продубљење свог теоријског знања, нарочито из математике и теоријских техничких дисциплина.

1. децембра 1905.г. Арновљевић први пут ступа у државну службу, јавивши се на конкурс за контрактуралног инжењера у „Дирекцији за изградњу водених путева“, образованој у Бечу ради остварења тзв. Керберовог програма. Радило се, наиме, о изградњи пловних канала који би повезали Дунав са Вислом и Одром. „Пројектовани канали имали су да савладају велике теренске тешкоће, висинске разлике и прелазе преко река. На таквим местима морале су се стварати или стрме равни преко којих би се лађе увлачиле или спуштале из једног дела корита у други, или подизати мостови којима би се канал водио преко река и саобраћајних путева. За израду пројеката таквих изванредних објеката требало је стручне спреме и доброг познавања теорије.“ [III]

Задатак Дирекције био је, дакле, да се израде сви потребни пројекти за будућу мрежу водних путева и да се врши надзор над њиховим извршењем. Дирекција је располагала извесним бројем већ прилично бирократизованих инжењера, државних службеника,

па је за извршење назначених задатака било потребно да се преузме извештај број истакнутих приватних инжењера, међу њима и Арновљевић. На овом радном месту Арновљевић остаје до 1910.г., тј. до дефинитивног преласка у Београд.

У склопу послова које је радио у Дирекцији, главни Арновљевићев задатак односио се на пројектовање и детаљно статичко испитивање челичног моста канала који води преко реке Skawe (Пољска), што је нарочито значило пројектовање корита и вешања. Овом приликом Арновљевићу није био стављан одређени рок за израду пројекта, као што је било уобичајено у приватним предузећима. На тај начин је Арновљевић био у прилици да ради студиозно и без журбе, поготову што је у раду наилазио на до тада нерешене или недовољно обрађене проблеме који су се односили на савијање појединих еластичних елемената решеткастих и пуних челичних носача [III]. Ево шта о том периоду Арновљевићевог рада каже Миланковић [III]: Јасно уочавајући теоријски и практичан значај анализирања таквих проблема, Арновљевић се „својом властитом снагом развио у научника“ [III]. Посматрајући Списак Арновљевићевих радова уочава се да су се у време рада у Дирекцији за изградњу водних путева појавили први Арновљевићеви публиковани радови, и то радови [1], [2] и [3] из Списка (1906. и 1907.г.).

У посматраном периоду своје конструкторске делатности Арновљевић је прихватио још један, са стручне стране интересантан и користан, посао. Наиме, 1907.г. Дирекција српских државних железница поверава му ревизију пројекта за изградњу челичних мостова које је била израдила фирма Waagner-Biró-Kurz [I]. Као непосредна последица поменуте ревизије пројекта челичних мостова настале су научне расправе означене у Списку радова бројевима [5] и [6], објављене између 1908. и 1909.г.

## ПУН ПРЕГЛЕД СТРУЧНИХ РАДОВА

У претходном одељку дат је у главним цртама Арновљевићев инжењерски рад између његовог дипломирања у Бечу па све до његовог одласка из Беча 1910.г. Тиме није дат потпун преглед стручне Арновљевићеве активности. Такав преглед о свом раду дао је Арновљевић у одговору на „Упитник за научне раднике“, који је сачињен у послератном периоду и на који је Професор својеручно написао одговоре. Тај је документ сачуван у Архиву САНУ [VII] и под тачком XII која гласи: „Практични радови које је извео или их изводи у својој струци“, могу се прочитати следећи подаци које је, дакле, Арновљевић сам навео о објектима на којима је радио:

„Обимнији рачунски и конструктивни радови из гвоздених конструкција: а) *мосиови*: пешачки мост преко Западне железничке станице у Бечу; железнички мост (систем Гербер) преко реке Траун у горњој Аустрији; камени мост преко реке Skawe код Кракова (Пољска). Монографија овог моста од др инж. Постуванчића и Р. Кретфла објављена је у Allg. Bauzeitung, Wien 1908, Heft 2. Канал Одра-Висла није изведен. Рад на вези између корита (10 м ширине и 2 1/2 м дубине воде) који ми је био поверен, био је повод расправама бр. 1 до 3. Изведени обрасци објављени су у приручнику „Hütte“. б) *Кровне констѝрукције*: прве две телефонске централе у Држави – Доротеум у Бечу; в) *Покрејѝна усѝава* на реци Лаби код Краљевог Градца (Чешка); г) *Покрејѝна дизалица* за монтажу мостова. Рад на објекту под г) дао је повода расправи под бр. 9.

Године 1907–8. поверила ми је Дирекција Српских државних железница проверавање статичких рачуна и планова железничких мостова што их је градила бечка фирма за пругу Београд-Ниш. Тај ми је посао дао повода за радове под бр. 5,6.“

Из цитираног прегледа стручних радова види се разноликост стручне активности проф. Арновљевића у време његовог бечког периода. Други аспект овог прегледа је сазнавање о педантности која је очигледно била својствена проф. Арновљевићу. Он је био у стању да да податке о својим радовима преко четрдесет година уназад.

## ДОКТОРАТ

У раздобљу од 1906. до 1910.г. Иван Арновљевић је објавио девет научних расправа у аустријским и немачким техничким стручним часописима. Главни садржај једне од његових расправа (рад [5] у Списку радова), у виду опширног реферата уредништва, приказан је у француском часопису „Annales des ponts et chaussées.“ Поред овако изражене значајне пажње од стране уредништва познатог француског часописа, Арновљевићев радови су и иначе скренули на себе пажњу, о чему је дат преглед на стр. 426–427 овог текста.

У то време у инжењерску праксу ступио је, десет година млађи од Арновљевића, инжењер Милутин Миланковић. Њих двојица су се, такође, од првог виђења спријатељили [IV] и Миланковић, који је био по природи живљи и продорнији од Арновљевића, извршио је знатан утицај на његов животни ток. Њих двојицу је, поред других ствари, везивало и интересовање за науку. На тај начин је др Миланковић покренуо и питање: зашто Арновљевић не пријављује докторску дисертацију. Арновљевић се у почетку опирао тој идеји, јер се са својих четрдесет година осећао мало престарелим за тај чин, за

стајање пред испитном комисијом у виду ђака. Међутим, Миланковић, који је свакако мислио на дуже стазе и знао да докторска диплома, коју је Арновљевић у сваком случају заслужијао, отвара му шире могућности у наредним годинама него само инжењерско звање, наставио је да убеђује Арновљевића и једног другог колегу из њиховог ужег друштва да пораде на стицању доктората техничких наука. Др Миланковић је на крају успео у свом настојању. Треба рећи да је поред др Миланковића, на Арновљевића у истом смислу вршио утицај и већ поменути бечки професор Брик (стр. 399).

Тих година била је уведена пракса да се као докторска дисертација прима и већ објављени рад. Арновљевић је у том смислу, као подлогу за одбрану дисертације, изабрао рад [8] (в. Списак), који је 1909.г. управо изашао из штампе: „Nebenspannungen der Querträger infolge steifer Längsträgeranschlüsse“. На тај начин Арновљевић 1909.г. подноси молбу на Техничкој великој школи у Бечу за полагање ригорозума. За доктора техничких наука промовисан је 4. маја 1910.г. [I]. У међувремену је др Миланковић већ био отпутовао за Београд, где је на Филозофском факултету био изабран за ванредног професора.

## ИЗБОР И РАД НА УНИВЕРЗИТЕТУ У БЕОГРАДУ

Када је др Миланковић изабран на Филозофском факултету, на Техничком факултету је управо било упражњено место редовног професора на Катедри механике. Миланковићу је било нуђено то место, али су њега више привлачиле чисто фундаменталне науке, па макар био изабран и у нижем професорском звању. Иако, дакле, сам није био склон наставничком звању на Техници, др Миланковић је предложио да на ту катедру Техничког факултета доведу Арновљевића и то по позиву, без конкурса, као што је и он сам био позван за наставника од стране Филозофског факултета. Том приликом је рекао да Факултет неће наћи бољег стручњака за то место од Ивана Арновљевића, па ни таквог који би се са њим могао упоредити [V]. Међутим, и овом приликом Арновљевић не наилази на одговарајуће поштовање од стране својих земљака, тако да органи Техничког факултета не прихватају савет професора Миланковића, већ иду преко расписивања конкурса. О расписаном конкурс проф. Миланковић обавештава Арновљевића опширним писмом, убеђујући га да се пријави и да, поред потребних докумената, на конкурс поднесе и сепарате својих радова. Треба подсетити да је, у време када је конкурисао за редовног професора на Катедри механике, Арновљевић већ имао 18 година интензивне инжењерске праксе и толико публи-

кованих научних радова колико, сем професора Богдана Гавриловића, нико од колега ни близу није имао [V]. Са таквим квалификацијама могућност избора Арновљевића на Технички факултет била је од неких колега схваћена као непосредна опасност по њихов стечени ауторитет и отуда је тај избор био непожељан.

За противљење избору Арновљевића могао је да послужи једино формалан разлог, а такав се и био пронашао. Наиме, Арновљевићев документ о положеном инжењерском испиту имао је наслов: „Сведоцба о државном испиту“ и није садржавао клаузулу о стицању права на титулу дипломираног инжењера. Међутим, према Закону о Универзитету за избор наставника потребно је било да кандидат (на Техници) има инжењерску титулу. Случај је хтео да неколико дана пре те изборне седнице на којој је Арновљевић требало да буде оборен на конкурс, Миланковићу стиже омот из Беча у коме је била докторска диплома Арновљевићева. Проф. Миланковић је диплому дао проф. Гавриловићу, коју је овај показао на седници у најзгоднијем тренутку, тако да је деловала врло ефектно као изненађење. Овим су Арновљевићеви противници били потпуно потучени [V] и избор је био једногласан.

Проф. Арновљевић је у ствари прво био постављен за контрактуалног наставника, 7. јуна 1910.г., док је у звање редовног професора постављен тек 1. априла 1912.г., по пријему у српско држављанство. Међутим, своје приступно предавање одржао је пред почетак своје прве школске године на Београдском техничком факултету, 10. октобра 1910.г. Ово приступно предавање приказано је посебно (в. одељак на стр. 408 овог текста).

За време балканских ратова, када Универзитет није радио, Арновљевић је био мобилисан као војни обвезник. Међутим, почетком Првог светског рата Арновљевић се био затекао у Аустрији у приватној посети и ту био затворен од стране аустроугарских власти, проведвши тако цело време рата као заробљеник.

После Првог светског рата предавања на Универзитету у Београду почела су маја 1919.г. Арновљевић је тада кроз четири семестра предавао Механику са Отпорношћу материјала, Статику грађевинских конструкција и Челичне мостове. Касније је наставу из Отпорности материјала предао професору Хлитчијеву. Од 1922.г. па све до 20. маја 1939.г., када је пензионисан (са 70 година старости), Арновљевић је предавао Техничку механику за студенте II, III и IV семестра Грађевинског и Машинског одсека Техничког факултета. После пензионисања, по одлуци Савета Техничког факултета, предавао је и даље Кинематику и Динамику као хонорарни наставник, све до 27. марта 1941.г.

Иначе, према материјалима Грађевинског факултета у Београду [VI] Арновљевић је школске 1911/12 г. био изабран за декана Техничког факултета. Од 1924.г. надаље вршио је функцију председника испитног одбора на Грађевинском одсеку Техничког факултета. Од почетка свог рада на Техничком факултету био је шеф Катедре за механику.

## ПРОФЕСОР АРНОВЉЕВИЋ КАО НАСТАВНИК

Из писаних материјала и из разговора са неколицином његових некадашњих студената, могу се добити мишљења о Арновљевићу као наставнику која се међусобно поклапају. Инж. Милан Вречко, који је годинама био сарадник проф. Арновљевића, о њему пише [I]: „Др Иван Арновљевић био је предан, веома савестан и приступачан наставник. У односу према студентима умео је да заузме став који је истовремено уливао поштовање и поверење. Његова предавања су одговарала прогресу науке. Чланови испитног одбора памте како је стрпљиво и истрајно испитивао студенте.“

Академик Миланковић [II] на овај начин говори о раду проф. Арновљевића на Факултету: „Ту своју катедру држао је Арновљевић тридесетак година. Нежењен, без тежње за земаљским благом, посветио се искључиво и интегрално свом наставничком позиву и, својом ученошћу, преданошћу и правичношћу, постао узор наставника, поштован, цењен и вољен од свих својих колега. На том положају извршио је у пуној мери своју мисију, подигао је наставу механике на високи степен страних великих техничких школа, учествовао у развоју нашег Техничког факултета у доба његовог најјачег успона...

Ослањајући се на своја властита искуства знао је да за инжењерски позив није довољно познавање принципа механике и платонско уживање у њима, већ да је потребно умети превести их у дело. Зато је Арновљевић, при писању својих уџбеника обратио нарочиту пажњу на *примену* принципа механике, употребљавајући их на проблеме конкретне природе, тумачећи их у свима појединостима и доводећи их до нумеричких резултата...”

Бак Арновљевића, уједно и његов наследник (не у првом колену) као предметни наставник на предмету Статика конструкција и као шеф Катедре за техничку механику, покојни академик Милан Ђурић у Монографији [VI] овако говори о педагошкој делатности Арновљевића: „Предавања професора др Ивана Арновљевића из предмета Статика конструкција одржана 1911–1912.г. штампана су као скрипта под називом Статика конструкција...”

Веома важан допринос професора Арновљевића проширио је градива и осавремењавању наставе из Статике конструкција јесу поглавља о еластичним деформацијама решеткастих носача. Тако је изложена конструкција Вилиотовог плана померања и приказан поступак прорачуна полигона вертикалних померања помоћу поступка са еластичним тежинама.

Професор Арновљевић чини веома важан покушај излагања методе сила... После упознавања читалаца са основним претпоставкама... формулисан је принцип суперпозиције утицаја и изложено градиво о принципу виртуелних померања, једначини рада код решеткастих носача и Клапејронов закон. На тај начин професор Арновљевић објашњава потупак за одређивање померања статички одређених решеткастих носача помоћу једначине рада. Полазећи од изводе једначине рада, изведене су и условне једначине за прорачун статички неодређених величина решеткастих носача изазваних дејством спољних терета, температурних промена и померања ослонаца. Такође је приказан прорачун утицајних линија статички неодређених величина.

Може се са задовољством констатовати да су предавања професора Арновљевића била веома савремена и будила су интересовање слушаца и читалаца како за плодотворну практичну примену приказаних рачунских поступака, тако и за њихов даљи самосталан истраживачки рад.“

Једна од првих књига које је написао Арновљевић била је и књига *Основи науке о чврстоћи* (1933.г.). Интересантно је приметити да је ова књига изашла између две књиге проф. Хлитчијева са исте катедре и то *Науке о чврстоћи* из 1926.г. и *Предавања из Теорије еластичности* I из 1938.г. Књига проф. Арновљевића обима од 143 стране представљала је проширење у односу на Арновљевићева „аутографисана скрипта“ обима 372 стране из 1911.г., која су била писана за предмет Теоријска механика, а који је укључивао Науку о чврстоћи. Тако сложен предмет Арновљевић је предавао између 1910. и 1922.г. У поменутих скриптама је *Наука о чврстоћи* била заступљена са 50 страна. Књига из 1933.г. *Основи науке о чврстоћи* можда је враћање читаоцима неког дуга који је аутора тиштао још из времена издања „аутографисаних скрипта“ 1911.г. Проф. Хлитчијев је, са својом проницљивошћу, нешто од тога изгледа и наслућивао. Тек књигу је проф. Арновљевић написао на његову сугестију.

Уводни део *Основа науке о чврстоћи* из 1933.г. односи се на увођење појма унутрашњих сила у напрегнутом телу и појма напона у тачки за посматрану пресечну раван. Уводи елементарни тетраедар и изводи из његове равнотеже, Navier-ове једначине.



Добија услове коњугованости смичућих напона у координатном облику. Описује испитивање узорка материјала и Нооке-ов закон приказује у просторном облику. Изводи израз за деформациони рад. У примени на основне случајеве напрезања, изводи израз за смичући напон код савијања силама. Торзију обрађује за штапове кружног и елиптичног пресека. Разматра праве, али и криве штапове, а задржава се и на напрезању закивка. При крају даје теорију извијања у еластичној и нееластичној области. Осим тога завршава са „оптерећењем на пречац и ударом“. Књига је по садржају испред свог времена. Спровођење таквог програма изискивало је не само знање већ и бескомпромисни ауторитет наставника.

Када наставник отпочиње са држањем предавања и нарочито, ако при томе излаже по свом сопственом концепту, а не следећи претходника, тада се већ при крају прве школске године журно намеће питање писаног материјала из кога ће студенти моћи да спремају испит. После ове фазе „прве помоћи“ наставник пусти да прође неко време, да би тада написао своја предавања у мање-више сређеном облику. Тек када проведе коју деценију наставничког стажа, наставник пише своју коначну верзију уџбеника, која обично и формално добија репрезентативнији изглед. После скрипата издатих 1911.г., Арновљевић издаје у времену између 1934. и 1939.г. своја скрипта под насловом „Предавања из Теоријске механике“, литографисана, у издању Удружења студената машинства и електротехнике, у седам свезака, а подељена у три дела. Публикујући коначну верзију својих *Основа теоријске механике* у времену између 1947. и 1949.г., у предговорима за поједине од шест делова целог курса, Арновљевић врши поређење са одговарајућим садржајима предатних скрипата. Из тих поређења се види да је у неким деловима програма аутор вршио скраћења изостављајући детаље за које је закључио да нису неопходни.

Прва књига *Основа теоријске механике* садржи кинематику и динамику тачке и на тој основи статистику материјалне тачке.

У другој књизи аутор излаже статистику у равни (статику круте плоче, графостатику, решеткасте и пуне гредне носаче) и даје основне теорије ланчанице.

Трећа књига обрађује опште теореме система материјалних тачака и кинематику крутих система, укључујући и Ојлерове углове за описивање ротације крутог тела.

Четврта књига је динамика крутих система: динамика трансляције, обртања, раванског кретања, укључујући Лагранжеве једначине II врсте; даље динамика клипне машине, судар чврстих тела, закони кретања материјалне тачке променљиве масе.

Пета књига представља статику у простору: услови равнотеже за разне врсте система сила у простору; просторни носачи; астатица; стабилност равнотеже; виријал. Аутор напомиње да је у односу на скрипта бр. II/3 знатно скраћен чл.32 „Инваријанта система изложена тетраедричним координатама.“

Садржај шесте, последње, књиге углавном се поклапа са све-ском бр. III/3 скрипта: Динамика крутог тела са два додатка које чине статика и динамика материјалне линије и поглавље о механици сличности и теорији модела. У вези са овом књигом аутор објашњава да је због тога што је књига намењена првенствено слушаоцима Техничке велике школе (књига је издата 1949.г. у време постојања Техничке велике школе), из њеног садржаја изоставио „чланке“ о слободној нутацији и прецесији са нутацијом Земљине осовине; исто су тако изостављени чланци о железници на једној шини (систем Лангем, Бер, Бренан и Шерл) који данас „нису од практичног значаја“.

Шест књига *Основа теоријске механике* пружају богатство градива за којим би само могли да жуде данашњи наставници ове дисциплине. Међутим, упркос обимности садржаја, књиге су веома читљиве, јер је у њима свака ствар јасно објашњена, математички заснована и до краја логички изведена. Практични примери који су дати (нпр. примена разних типова просторних решетки код купола и кровних конструкција објеката изведених у свету) буде код студента осећај да су му дати у руке кључеви знања које ће их одвести до врхова техничке струке.

#### ПРИСТУПНО ПРЕДАВАЊЕ:

#### „ОДНОС МЕХАНИКЕ ПРЕМА ИНЖЕЊЕРСКИМ НАУКАМА“

Пред почетак своје прве школске године на Техничком факултету у Београду, Арновљевић је одржао своје приступно предавање (рад [10]). Мада он своје приступно предавање упућује оним студентима Технике који још нису стигли до Механике, пре би се могло закључити да о предмету који узима у своје руке, осталим колегама жели да изложи концепцију. Било је то 27. септембра 1910.г. У првој реченици приступног предавања Арновљевић каже:

*„Инжењерсџиво и грађевинарсџиво називамо с њравом наукама, џшек од како су сџављене на научну основу механике и џтехнолоџије градње.“*

У даљем излагању Арновљевић појашњава: шта по његовом мишљењу обухвата Техничка или Инжењерска механика, какав је

однос између механике и инжењерских наука и у чему је њена важност за решавање инжењерских проблема.

Почиње са Kirchhoff-овом дефиницијом механике и објашњава задатак кинематике или форономије, кинетике или динамике и, напослетку, статике. С обзиром на агрегатно стање објекта, Арновљевић говори о механици чврстих тела „или по старијем називу о геомеханици“, затим о хидромеханици и аеромеханици. При томе се ограничава да ће у овом излагању да се задржи само на механици чврстих тела.

У контексту механике чврстих тела Арновљевић уводи појам деформације и Нооке-ов закон, а затим описује радни дијаграм материјала са зоном еластичног понашања, границом пропорционалности и зоном истовремене појаве еластичних и пластичних деформација. Важност познавања границе пропорционалности је у томе што преко ње брже расту и еластичне и трајне деформације.

Даље се аутор пита: које задатке има механика да решава код инжењерских и грађевинских конструкција. У том делу говори о грађевинама и њиховим деловима, конструктивним елементима, о теретима и отпорима ослонаца, о статички одређеним и статички неодређеним конструкцијама. Код ових првих, отпори ослонаца се израчунавају на бази „науке о равнотежи“, при чему се конструктивни елемент може посматрати као да је крут и произвољних попречних димензија.

У наставку аутор говори о појму унутрашњих сила конструкције и о допуштеној граници напрезања. Ова се последња усваја далеко испод границе пропорционалности, пре свега због тога што су рачунске вредности напрезања приближне. Напомиње да Техничка механика еластичних тела узима у прорачунима више претпоставки, него Теоријска механика и Теорија еластичности, па су отуда и резултати који се тако добијају мање тачни него што се добија методама Теорије еластичности. Затим „градиво“ инжењера нема претпостављена идеална еластична својства, а нити је материјал довољно хомоген, што са своје стране доприноси мањој тачности прорачуна. Разрађујући мисао Арновљевић објашњава да, и поред савршенства модерне металургије, није могуће постићи да материјал има иста еластична својства чак и у деловима једног истог конструктивног елемента. Осим тога, посматрајући структуру, на пример, кованог или ливеног гвожђа, откривају се у материјалу шупљине, мехурићи који слабе пресек и прекидају влакна итд. Трећи разлог за снижавање допуштене границе напрезања лежи у томе што се спојеви, како их теорија претпоставља, не слажу са фактичким извођењем. Услед крутих спојева, уместо зглобова, у конструкцијама се јављају споредна напрезања „која код нерационалних система

могу бити чак и већа од главних..." У том делу Арновљевић говори о мерењу деформација и испитивању конструкција, што се врши „тек од неких 4 деценија амо.“ Четврти разлог што се граница допуштених напрезања не сме идентификовати са границом пропорционалности јесу динамички утицаји: нагло нанет терет на еластичну шипку изазива два пута веће издужење него што је било издужење шипке под истим теретом у стању равнотеже. Наводи, поред удара, пример кретања локомотиве по мосту. Утицај локомотиве на конструкцију моста испољава се у три вида: скоро моментално оптерећење, периодичко повећање и смањење терета услед убрзања масе механизма и удар точкова на спојевима шина. Говорећи о математичким тешкоћама при прорачуну утицаја покретног терета, на пример код решеткастог носача, Арновљевић говори и о појму коефицијента удара којим се назначује динамички утицај, ако се не може тачно израчунати.

У даљем излагању Арновљевић излаже и о неким занемарењима која су оправдана, као што се код савијања штапа занемарује нормални напон нормалан на осу и код танких плоча, нормалан на средњу раван. Дотиче се и потпорних зидова, модерних резервоара за воду. Код ових последњих указује на чињеницу да, због односа дебљине зидова према висини резервоара, нормални напон у правцу дебљине неће бити занемарљив у односу на нормални напон у правцу висине резервоара, па је неопходно тачније рачунање напрезања.

Арновљевић се такође задржава на покретном терету и утицајним линијама; о одређивању деформација – при прорачуну статички неодређених носача као и при „извршењу теретних проба мостова“ под покретним теретом. Затим говори о машинским конструкцијама, механизмима и динамичким утицајима код механизма. На крају посвећује пажњу и графичкој статистици и при томе каже: „Графичка статика је *par excellence* инжењерска наука и по примени и по поставку свом.“ Помиње Poncelet-a као првог творца графостатике и даље имена Culmann-a, Ritter-a, Cremona, Levy-ja, Land-a, Mohr-a, Müller-Breslau-a и других. На крају констатује да је вредност графичке статике још пре 2–3 деценије прецењивана, међутим, усавршавањем рачунских метода, обе методе су постале једнаковредне.

У закључку проф. Арновљевић тумачи Техничку механику као дисциплину која обухвата „све гране теоретске механике, дакле статистику, кинематику и динамику тачке, крутог, еластичног, течног и гасовитог тела у оном обиму, у коме су за решавање проблема грађевинског и машинског инжењера као и архитекте подједнако потребне.“ Објашњавајући шта ће студенти слушати по редоследу наставе и изражавајући наду да је успео да их увери у важност механике као основне науке за све гране инжењерског позива, завршава

излагање овом реченицом: „Из укрийавања механике као науке и грађевинарства као занатла, йоникла је модерна инжењерска наука, наука о сигурном и економичном грађењу.“

## АРНОВЉЕВИЋЕВ НАУЧНИ РАД

Први Арновљевићев научни рад појавио се 1906.г., четири године по дипломирању на бечкој Техници. Рад је био инспирисан једним стручним проблемом у вези са послом који је тада радио. Тако је то код њега кренуло и стално је предмет научног рада био у уској вези са послом којим се бавио. На тај се начин Арновљевићев научни опус може поделити у две основне групе: док се претежно бавио инжењерским послом, његови радови су представљали научну разраду техничких проблема; када се прихватио професуре, писао је радове који би се могли означити као радови претежно педагошко-дидактичког карактера.

Оно што обележава укупну Арновљевићеву научну активност, то је изворност његових радова. Он није имао ментора, нико му није давао идеје за рад, он је једноставно истраживао проблем који је пред њега искрснуо, осветљавао га педантно са свих страна, тешко га испуштао из руку пре него што би у потпуности задовољио своју радозналост. Кад год је било могуће, нудио је и приближно, једноставније решење, уз брижну назнаку у ком домену променљивих и са коликом грешком се такво решење могло примењивати. Његове радове, нарочито из инжењерске проблематике, редовно допуњују и нумерички примери.

Радови који потичу из инжењерске проблематике (бр. [1] до [9] у Списку радова) по својој тематици могу се поделити на три главне групе. У првој су групи радови [1], [2] и [3] у којима се аутор бави утицајем аксијалне силе на савијање, при чему посматра греду са померљивим зглавкастим ослонцем или и са уклештењем које допушта обртање. Величине које одређују померање ослонаца третира као параметре проблема. Другу групу радова чине радови [5] и [6], који су ближе повезани, а затим и радови [7] и [9] који се такође по тематици ослањају један на други. Радови [5] и [6] односе се на прикључак у чвору, односно на наставак помоћу обострано постављених ламела код лименог носача, уз коришћење везе помоћу закивака, чија се деформабилност узима у обзир. Друга два рада су већ у наслову представљени као радови из области спрегнутих носача. При томе се између делова спрегнутог носача појављује у неком виду сила приањања, тако да се пренос спољног оптерећења из једног елемента у други обавља на целој дужини носача, што и чини централну тему ових радова. Последњи од радова са инжењерском

проблематиком је рад [8], који је уједно и рад на коме је аутор одбранио своју докторску дисертацију. Предмет овог рада је веза попречног и подужног носача и додатна напрезања изазвана крутошћу везе. Како се овај рад по тематици разликује од претходне две групе, то он сам чини трећу групу.

Радови педагошко-дидактичке природе (бр. [4], бр. [11] до [22]) односе се на области механике, геометрије, теорије конструкција.

## РАДОВИ КОЈИ СЕ ОДНОСЕ НА ИНЖЕЊЕРСКУ ПРОБЛЕМАТИКУ

У *раду* [1] аутор посматра обострано уклештен штап, чији један ослонац има померљивост у правцу нормалном на осу. При исписивању услова равнотеже узима се у обзир померање тог ослонца као произвољне константне величине. На местима уклештења штап је оптерећен равнотежним паром аксијалних сила на затезање, међутим захваљујући померању ослонца, у штапу се појављују попречне реакције и моменти савијања. Аутор поставља услове равнотеже и диференцијалну једначину савијања, одакле интеграцијом налази решење за моменте уклештења и за еластичну линију штапа. Разматра посебан случај када аксијална сила тежи нули. Предлаже приближно решења. За дати нумерички пример резултате приказује табеларно и графички.

*Рад бр. [2]* представља, у односу на претходни рад, општији случај. Док се у раду [1] радило о крутом уклештењу, дотле у овом раду, при наступању равнотежног стања првобитно аксијално оптерећеног штапа, појављује се обртање тангената у оба уклештена пресека, уз померање ослонца у попречном правцу. Углови обртања уклештених пресека су различити и могу се изразити као величине пропорционалне одговарајућем моменту уклештења и пропорционалне коефицијентима еластичности, који у једном и другом уклештењу немају једнаке вредности. Поступком сличним као у претходном раду аутор налази изразе за оба момента уклештења, попречну реакцију у ослонцима и еластичну линију штапа. Аутор детаљно разматра шест комбинација за вредности коефицијената еластичности уклештених пресека и за сваку од тих комбинација израчунава вредности тражених реакција веза и угиба. Бројни пример се односи на штапове за вешање коловозне конструкције на главни носач друмског моста.

*Рад бр. [3]* третира штап који је круто уклештен на оба краја, оптерећен притискујућом силом и изложен релативном померању у

попречном правцу једног ослонца у односу на други. Услед тог померања долази до савијања осе штапа, а у ослонцима се јављају моменти уклештања и попречне реакције. Као и у претходним радовима, врши се интеграција диференцијалне једначине савијања и налазе изрази за силе у пресеку и нормални напон. Смичући напони се не разматрају.

При извијању, поред „чистог“ нормалног напона притиска, јавља се и „идеални ивични напон“ пропорционалан овом првом и зависан од коефицијента извијања за посматрану виткост штапа. Овде се аутор позива на радове Brik-a (1906) и Neumann-a (1906). У стадијуму извијања моменти уклештења имају додатну вредност која је пропорционална идеалном ивичном напону, тзв. „идеални максимални момент извијања“.

У граничном случају, када величина аксијалне силе тежи нули, резултати се слажу са одговарајућима из рада [1].

У раду се даље посматра случај у коме нема попречног померања ослонца, али делује попречна сила и то на половини распона обострано круто уклештене и аксијално притиснуте греде. Овај се случај математички своди на претходно решење. Аутор врши поређења резултата за случај затегнутог штапа (рад[1]) и притиснутог (рад [3]) и приказује их табеларно, укључујући и случај деловања попречне силе без померања ослонаца. Ради употребе у пракси, аутор даје и графичке приказе.

У наставку рада аутор се задржава на случају када попречна сила ишчезава, а аксијална сила добија вредност Ојлерове критичне силе. Аутор, наиме, показује код штапа са померљивим ослонцем да је попречна сила, реакција везе, зависна од величине померања ослонца. Међутим, за аксијалну силу једнаку Ојлеровој сили, ова попречна сила ишчезава независно од вредности померања ослонца, на шта аутор указује као на познату неодређеност Ојлерове формуле за извијање. Ову је неодређеност одстранио Грасхоф (1878.г.) строжим извођењем моментне једначине. Арновљевић се, међутим, упушта у анализу рада аксијалне силе у Ојлеровом случају, при чему показује да се померање нападне тачке аксијалне силе састоји од два дела: скраћење осе због еластичности штапа и померање које је последица разлике у дужини еластичне линије штапа и њене тетиве између ослонаца. Овај други део је зависан од попречног померања ослонца, па се неодређеност у Ојлеровом случају може отклонити само узимањем у обзир овог другог утицаја на скраћење осе штапа. У диференцијалној једначини еластичне линије утицај скраћења осе штапа услед еластичности штапа испољава се у кориговању вредности модула еластичности. Међутим, утицај другог дела скраћења везан је за кривину осе деформисаног штапа, па се неодређеност

елиминише увођењем тачног (нелинеарног) израза за кривину осе. Међутим, констатује аутор, тако употпуњена диференцијална једначина савијања није интегрална у затвореном облику.

У раду даље следи анализа знака попречне силе у зависности од величине аксијалне силе и крутости штапа. Ако се померање ослонца и величина аксијалне силе задрже константни, а повећава виткост штапа, тада наступа гранични случај у коме је попречна сила нула. Овај се случај само мало разликује од случаја настанка Ојлеровог критичног стања.

Примена изведених формула, дијаграма и табела показана је на два примера: 1) код ивичног стуба лучног моста распона 60 м са коловозом горе и 2) код 6,5 м високог стуба хале, чије је подножје анкеровано у темељ, док је глава круто везана за кровни везач који на стуб преноси притисак ветра.

У *раду бр. [5]* посматра се прикључак штапа на чвор помоћу закивака, при чему је штап аксијално оптерећен. Аутор утврђује да се потребан број закивака уобичајено израчунава по претпоставци да се сила која делује на штап подједнако распоређује на све закивке, затим се прорачунава напрезање закивка на смицање и притисак. Аутор, међутим, констатује да се оваквим приступом остварује само привидна сигурност, јер би подједнака расподела спољне силе на све закивке била могућа само код потпуно крутог штапа. Предмет је овог рада да се сила у закивцима одреди узимањем у обзир еластичности штапа и закивака. Тим се путем показује да је сила у најоптерећенијем закивку знатно већа од просечне вредности.

Као подлога анализи служи лимени штап састављен из два идентична дела између којих је увучен чворни лим. Поред тога штап је ојачан лимом (уметком) који се између два дела штапа налази у пољу а завршава испред чворног лима на крајевима штапа. Аутор при томе објашњава да је напон у основном штапу мало испод границе допуштеног, при чему у средини штапа долази до изражаја описано ојачање, тако да је у том делу напон извијања мањи од допуштеног напона. Аутор даље признаје да је штап везом за чворни лим мање или више уклештен, па је могуће да се на крајевима штапа појаве напони извијања већи од допуштеног, о чему даље не расправља.

Главни предмет овог рада јесте налажење одговора на следећа питања, како их аутор формулише: 1) која је величина силе која се преноси на уметак на средини дужине штапа; 2) који део силе ће примати највише оптерећени закивак?

За статички непознате у овом задатку аутор бира силе у пресецима уметка између свака два суседна закивка до средине штапа. Из услова равнотеже се тада силе у одговарајућим пресецима



основног дводелног штапа изражавају преко сила у пресецима уметка. Преко истих сила се изражавају и утицаји на закивке. Систем једначина којима су представљени услови деформација исказују да је разлика промене дужине свакога одсечка главног штапа и одговарајућег одсечка уметка једнака стрели линије савијања осе одговарајућег закивка. Аутор при томе посвећује посебну пажњу израчунавању облика савијене осе закивка и одговарајуће стреле, што је условљено претпостављеним обликом оптерећења које бочно делује по целој дужини закивка и које се може претпоставити једнако подељено на дужини која одговара дебљини уметка и дебљинама оба дела штапа или пак линеарно променљиво итд. Аутор се овде задовољава линеарном променом бочних притисака на деловима главног штапа и константним притиском на делу уметка.

Систем линеарних алгебарских једначина по статички неодређеним силама  $X_1, X_2, \dots, X_n$  (где је број закивака  $2n+1$ ) аутор мајсторски решава. Полазећи од система једначина у коме свака једначина садржи све непознате, аутор успева да дође до система са највише три непознате у једној једначини и за такав систем израчунава вредности детерминанте система и детерминаната у бројитељима израза за статички непознате. При томе аутор предлаже формуле по којима се детерминанте реда „ $n$ “ изражавају преко детерминаната нижег реда, а ове су изражене преко само два различита коефицијента који се јављају у трансформисаном систему једначина. На тај начин аутор даје експлицитне изразе за детерминанте преко којих су изражене статички непознате силе у пресецима уметка, односно главног штапа. Следећи је потез – израчунавање сила које примају поједини закивци.

Из добијених израза се види да силе у пресецима уметка расту са растом индекса у ознаци силе, тј. од почетка уметка (где се уметак сучељава са чворним лимом) па до средине дужине штапа. При томе величине  $X_1, X_2, \dots, X_n$  зависе, између осталог, од броја закивака. У граничном случају, када „ $n$ “ тежи бесконачности, сила  $X_n$  одговара равномерној расподели аксијалне силе на уметак и оба дела главног штапа.

Силе у закивцима израчунате су и приказане у затвореном облику преко низа алгебарских интервенција у којима долази до изражаја ауторова маштовитост и спретност у алгебарским игрицама. Из добијених израза уочава се опадање величине силе у закивцима идући од почетка уметка ка средини штапа.

Следећи део рада посвећен је дискусији израза за коефицијенте у условним једначинама. Ови коефицијенти зависе од геометрије посматраног система и од модула еластичности материјала.

На крају рада дато је пет нумеричких примера и сасвим на крају су ауторове закључне напомене. Према аутору, код решавања овог задатка претпостављено је да су сви закивци у реду потпуно једнаки и да сви закивци својим телом равномерно испуњавају потпуно глатку закивну рупу. Ови се услови морају у пракси остварити, уколико се не одустаје од рачунског одређивања сигурности елементарне конструкције. Даље, аксијално затезање утиче на треће између штапа и уметка, чиме се закивци делимично растеређују. Ова појава није разматрана, што аутор наглашава. На крају је резиме у виду шест запажања која следе из обрађених нумеричких примера.

Овај врло садржајан и студиозан рад чини значајан допринос теорији челичних конструкција и отуда је бивао цитиран у радовима других аутора са немачког говорног подручја. Интересантно да је рад публикован 1908.г., а да је цитиран чак 1934.г.

*Рад бр. [6]* надовезује се на претходни рад. У овом раду се посматра наставак лименог носача помоћу обостраних ламела једнаког пресека. Претпоставља се да се сустичу две половине штапа и да је веза, укључујући и распоред закивака, такође симетрична у односу на спојну фугу. Циљ рада је да се нађе закон по коме се аксијална сила која делује на штап, расподељује преко реда закивака на обе ламеле које покривају наставак.

Услови равнотеже повезују силе у закивцима, силе у пресецима штапа и у одговарајућим пресецима ламела. Осим тога, збир свих сила у закивцима једнак је спољној аксијалној сили. На тај начин се један систем непознатих изражава преко другог система непознатих и коначан систем једначина, у виду деформацијских услова, изражен је преко сила у закивцима, усвојених за основне статички непознате. Услови по померањима изједначају разлику померања штапа и ламела на истом одсечку између два суседна закивка са разликом између стрела савијених оса истих закивака. Добијени систем линеарних нехомогених алгебарских једначина по силама у закивцима формално решава помоћу детерминаната и при томе израчунава експлицитне, мада доста гломазне, изразе за детерминанте које одговарају том систему једначина. Посао решавања једначина до краја је урађен за случај да је број закивака: два, три, четири, пет или шест. За те вредности броја закивака, а мењајући друге карактеристике посматраног система, аутор нуди табеле и кривуље које олакшавају примену теорије на конкретне задатке. Рад је илустрован са четири нумеричка примера.

Заокругливши рад, аутор ставља и критичку примедбу на свој приступ. Примедба је више принципијелне природе, него што је било изводљиво да се по њој поступи. Наиме, у раду се претпоставља да су нормални напони у правцу осе штапа по ширини јед-

нако распоређени у свим пресецима штапа и ламела. При томе у пресецима кроз осе закивака нормални се напони мењају са скоком. Међутим, аутор каже да је јасно да ће се у штапу таква претпоставка остварити само уколико је његова ширина једнака пречнику закивка. У ламелама ће се нормални напон мењати друкчије него у штапу, што ће довести до појаве смичућих напона по површинама додира. Због тога попречни пресеци штапа не остају равни при деформацији. По речима аутора, овде постављене једначине представљају идеалан случај, када су ширине и штапа и ламела једнаке пречнику закивка или, другим речима, када попречни пресеци остају равни по деформацији. Отуда, по мишљењу аутора, дати се приступ мора посматрати као прва апроксимација.

Завршне примедбе изложене су у седам тачака, из којих сасвим на крају следује пет препорука:

1. Растојања закивака у правцу осе штапа треба да су што мања.
2. Повољнији је мањи број закивака већег пречника него већи број закивака мањег пречника.
3. Више од пет закивака у једном реду у правцу осе штапа некорисни су.
4. Претерано јаке ламеле погоршавају покривање наставка.
5. Прикључак штапова решетке помоћу чворног лима повољнији је од директног прикључка за појасни лим.

*Рад бр. [7]* носи наслов: „Закон расподеле напона приањања код аксијално оптерећених спрегнутих штапова“ и већ самим насловом истиче се новина у односу на претходне радове. Треба рећи да је у раду бр. [6] била напоменута појава смичућих напона између штапа и ламела које покривају наставак штапа, док је у садашњем раду тај проблем стављен у први план.

Предмет рада је пун штап I цилиндарског облика, аксијално затегнут, који је на дужини  $2l$  обухваћен шупљим цилиндарским штапом II, тако да се спољна контура штапа I потпуно додирује са унутрашњом контуром штапа II. Изван зоне дужине  $2l$  штап II не постоји. Цео носач је симетричан у односу на пресек кроз његову средину. Површине попречних пресека и модули еластичности штапова I и II у општем случају су различити. Величина коју аутор означава као јачину на смицање, јачину приањања или отпор трења (Scherfestigkeit, Haftfestigkeit, Reibungswiderstand) има по целој додирној површи сталну вредност.

Питање које аутор поставља је: по ком закону и у ком односу силе приањања на додирној површи преносе спољну силу  $P$  на спољни штап?

Систем једначина које аутор поставља чине: 1. услов равнотеже носача у правцу осе штапа, изражен преко нормалних напона у попречном пресеку једног и другог штапа; 2. услов да је разлика померања тачака произвољног пресека штапа I и II у правцу осе штапа једнака померању услед клизања по додирној површи. Ово померање клизањем пропорционално је сили приањања по јединици дужине штапа (производ напона приањања и обима попречног пресека штапа) и обрнуто пропорционално величини „Т“, која има димензију напона и карактерише јачину приањања за додирне површи; 3. услов равнотеже елемента дужине штапа у правцу његове осе, тј. веза између диференцијала нормалног напона штапа I и напона приањања који делује у правцу осе штапа између два бесконачно блиска попречна пресека. Овим путем аутор добија аналитичко решење за нормалне напоне, напон приањања и промену дужине штапа I у делу ојачања штапом II.

У другом делу рада аутор посматра, аналогно раду [6], да је унутрашњи штап пресечен у средини носача. У овом случају мењају се гранични услови у средишњем пресеку штапа у односу на претходно решење.

У трећем делу рада аутор изражава резерву у односу на добијена решења, јер због упрошћених претпоставки на којима су заснована, она могу да пруже само приближну слику стварног стања. С друге стране, решење зависи од вредности константе „Т“ која је непозната. У вези са овим аутор сугерише да би се вредност ове константе могла мерити, при чему би се користили изведени изрази за промену дужина штапова I и II. При томе је јасно да константа „Т“ мора бити функција односа модула еластичности штапова I и II и односа површина њихових попречних пресека. При томе код материјала чије се јачине на затезање (притисак) веома разликују, мерења би се могла извршити на бази спреге штапова описане у првом делу рада, док би у случају да штапови I и II имају једнаку или приближно једнаку јачину, конфигурација описана у другом делу рада могла бити изабрана. Једном серијом експеримената на основу спреге штапова описане у првом делу рада, мењајући само површину попречног пресека штапа II, могла би се добити релација између карактеристике приањања „Т“ и односа површина попречног пресека штапа I и II. Може се установити да се повећањем површине попречног пресека штапа II долази до граничног случаја при коме престаје да се смањује промена дужине спрегнутог система. Овај податак меродаван је за опис садејства оба штапа, тј. одређује зону садејства штапа I и његовог ојачања.

*Рад бр. [9] под насловом: „Прилог теорији спрегнутих греда, нарочито закованог носача“* састоји се из два дела. У првом делу

аутор се бави спрегнутим носачем у општим цртама, док у другом делу теорију примењује на челични носач сложен од ребра и појасева, при чему се веза између делова носача остварује помоћу закивака.

Аутор дефинише спрегнути носач као носач састављен од две или више греда, одн. штапова на такав начин да се пренос сила између елемената носача обавља дуж целог распона. Елементи у саставу спрегнутог носача могу, а не морају, бити састављени од различитих материјала (нпр. армиранобетонска греда, с једне стране, и заковани носач, са друге).

Аутор се даље бави противуречношћу Бернулијеве хипотезе, при чему хипотеза о равном попречном пресеку деформисаног носача изложеног савијању доводи до сазнања о параболичној расподели смичућих напона, из чега следи „ес“ кривина деформисаног попречног пресека. Аутор, међутим, констатује да код односа висине и распона  $1/8$  до  $1/12$  хипотеза равних попречних пресека доводи до занемарљивих одступања од тачности, али код хомогених штапова. Аутор сматра да је „бесмислено“ непосредно проширивати примену Navier-ове теорије савијања на спрегнуте носаче. То је проширење, по аутору, оправдано само онда када је отпор клизању „Т“ најмање исто толико велик као што су модули клизања  $G_1, G_2, \dots$  у унутрашњости елемената спрегнутог носача. Међутим, отпор клизању „Т“ врло је често знатно мањи од модула клизања материјала. Циљ је рада да се испита у којој мери величина „Т“ утиче на носивост спрегнуте греде израчунату по Navier-овој теорији.

Своје испитивање аутор спроводи на спрегнутом носачу састављеном од два материјала који раде по Нооке-овом закону и одликују се истоветним вредностима модула еластичности  $E_1$  и  $E_2$ . При томе штап I назива ребром, а штап II, појасевима. По Navier-овој теорији савијања момент савијања између штапова расподељује се у односу њихових крутости. Међутим, када се уведе сила приањања и, као у раду [7], постави деформацијски услов који релативно померање штапова I и II изједначује са клизањем по додирној површи, тада се долази до нове расподеле момента савијања између штапова у саставу носача. Допринос силе клизања је такав да се удео штапа II у укупном моменту савијања смањује, насупрот моменту савијања у штапу I који за толико расте. При томе се показује да утицај клизања опада са квадратом распона.

У другом делу рада изведена теорија се прилагођава спрегнутом штапу код кога веза ребра са појасевима није више континуална, него се остварује помоћу закивака, при чему се сила приањања између делова спрегнутог носача занемарује, док се утицај клизања изједначује са деформабилношћу осе закивака на савијање. Аутор

сматра да применом закивака сталног пречника чији је међусобни размак мали према распону греде, може се тако остварена веза ребра и појасева сматрати континуалном и на њу применити претходно изложена теорија.

У овом делу рада изводе се још и допунски закључци: утицај клизања код ниских попречних пресека већи је него код високих; код два носача исте висине вишак оптерећења ребра услед клизања утолико је већи што је појас јачи (већи број ламела); апсолутна вредност промене момента савијања (због увођења силе приањања) подељена моментом инерције (тзв. специфична промена) знатно је већа код ребра него одговарајућа специфична промена момента савијања код појасева. На тај се начин удео појасева у укупном моменту савијања може рачунати уз занемарење утицаја клизања између појасева и ребра. Код ниских профила са јаким појасевима повећање момента савијања у ребру због еластичне деформације закивака у најнеповољнијем случају не прелази 6%, док је одговарајуће умањење у појасевима реда величине 0,5%. Што је појас слабији, што је висина носача већа и што је распон већи, то је утицај померања између појаса и ребра на расподелу момента савијања мањи. Аутор на крају упозорава да је код закованих лимених носача грешка у расподели момента савијања која се чини посматрањем закивака као крутих, мања од грешке која се састоји у постављању нападне линије силе у појасу кроз тежиште површине појаса уместо кроз средиште закивака.

*Рад бр. [8]* који је Арновљевићу послужио као основа за одбрану докторске дисертације из техничких наука под насловом: „Додатна напрезања попречног носача услед крутости прикључка подужних носача“ нема непосредног ослонаца на претходне радове и мањег је обима од већине Арновљевићевих радова. Рад је цитиран у књигама из Отпорности материјала С.П. Тимошенка.

У раду је главна пажња посвећена попречном носачу који служи двама подужним носачима не само као ослонац, већ због начина извођења везе омогућује еластично уклештење подужних носача у попречни. Попречни носач има и функцију укрућења за подужне носаче који иначе носе главни терет оптерећења и у општем случају неједнако су оптерећени. Попречни носачи су знатно мањег распона и површине попречног пресека од подужних, а ослањају се на главне носаче и ти ослонци се третирају као крута уклештења.

Централно питање у раду састоји се у начину израчунавања момената уклештења подужних носача, тј. у налажењу торзионих момената који делују у два пресека у пољу попречног носача. За попречни носач се бира „дупло те“ пресек, дакле да је састављен од ребра и појасева. Како проблем торзије носача тог пресека теоријс-

ки није био решен у време писања Арновљевићевог рада, а ни неку деценију касније, то аутор предлаже апроксимативан приступ којим би се елиминисала ова празнина у теорији. Треба приметити да је двадесет и више година касније у низу радова решаван проблем тзв. гредног роштиља, при чему се веза између носача који се секу под правим углом третира као слободно ослањање, па је утолико значајнији овај рани Арновљевићев допринос (1909.г.).

Арновљевић предлаже приступ по коме би се занемарио допринос ребра, већ би одговор на утицај торзионог момента био препуштен појасевима. Дакле, моменти еластичног уклештења производе обртање попречних пресека подужног носача и на месту везе са појасевима попречног носача настају померања пропорционална углу обртања. Ова се померања интерпретирају као померања тачака појаса услед савијања у хоризонталној равни изазвана паром сила које делују на горњи, одн. доњи појас дајући спрег еквивалентан торзионом моменту. Изједначавајући померање појаса попречног носача са одговарајућим померањем тачака уклештеног пресека подужног носача, добијају се два деформацијска услова (на месту везе једног и другог подужног носача са попречним) из којих се израчунавају тражени моменти уклештења. Показује се да су ови моменти утолико већи што је мања крутост на савијање подужног носача. При томе је стварна торзиона крутост попречног носача потцењена овим приступом због искључења доприноса ребра, на шта аутор поново подсећа.

Бројни пример се односи на конструкцију вратница преводнице, код које је распон подужних носача (двозглобни рам) 11,60 m, а попречних по 3,00 m. Терет подужних носача чине вратнице, погонски механизам итд. Момент инерције појаса попречног носача око његове хоризонталне тежишне осе био је реда величине 1% од момента инерције подужних носача. У овом примеру момент уклештења износи свега 0,17%, одн. 0,08% од максималног момента савијања у подужним носачима. Допринос напрезању попречног носача који је настао услед круте везе са подужним износио је 30% од његовог основног напрезања.

## РАДОВИ КОЈИ СУ ПРЕТЕЖНО ПЕДАГОШКО-ДИДАКТИЧКОГ КАРАКТЕРА

### *а) Радови из области механике*

*Рад бр. [4] „Услови равнотеже крутог раванског система“* полази од става да је за равнотежу сила у равни потребно и довољно

да збир редукционих момената тог система за три неколинеарне тачке у равни буде нула. Аутор затим показује на који начин се из ових услова равнотеже изводе алтернативни облици за општи случај у равни, као и за систем паралелних сила и сила са заједничком нападном тачком.

*Рад бр. [11]* „Померања чворова раванске решетке при променљивом правцу оптерећења“ полази од констатације да су померања чворова решетке, линеарне функције спољних сила, када су напрезања до границе пропорционалности. Отуда се померања за различите правце оптерећења могу добити суперпозицијом. У овој расправи аутор под различитошћу праваца оптерећења подразумева промену правца једног те истог оптерећења. Аутор показује да, ако силе у чворовима решетке истовремено и у истом смеру опишу пун круг, када вектори чворних померања описују елипсу. Правци оптерећења и померања нису узајамно замењиви. Постоје два правца сила, који су само изузетно међусобно управни, за које су правци силе и померања колинеарни. У раду су дати и други детаљи, при чему аутор изводи геометријске закључке из аналитичких израза.

*Рад бр. [17]* „Кинетички притисак звона“ говори о чињеници да звоно, обешено у свом постољу („козама“), притискује обртну осовину својом сопственом тежином, чему придлази кинетички притисак услед клаћења. Оба утицаја, разложена на хоризонталну компоненту  $H$  и вертикалну  $V$ , мењају се са положајем звона, при чему  $H$  мења смер при пролазу звона кроз најнижи положај, док  $V$  при јаком клаћењу може добити смер навише, тј. звоно може да искочи из лежишта. Срачунавање екстремних вредности  $H$  и  $V$  изгледа да је први публикувао „познати статичар, тајни финансијски саветник Кјорске у Дресдену 1872.г. Поред извођења образаца за  $H$  и  $V$ , које спада у простије задатке кинетостатике, доноси Кјорске у том чланку емпиријске обрасце за одређивање положаја тежишта и момента инерције звона, који знатно олакшавају срачунавање сила  $H$  и  $V$ . Како је тај чланак код нас тешко приступачан, мислимо да ћемо инжењеру који долази у прилику да пројектује или статички испитује звоник и постоље, знатно олакшати посао, ако овде изнесемо садржај оригиналног чланка“ (цитат из чланка И. Арновљевића).

У чланку је констатовано да звоно са својим клатном чине тзв. двогубо клатно. Ако се при звоњењу звоно и клатно понашају као једно круто тело, тада звоњења не може да буде. Даје се однос маса и димензија при коме наступа тај случај и наводи пример „царског“ звона катедрале у Kölnu, код које је тај случај наступио. Дат је приближан прорачун за осовину постављену изнад или испод темена звона.



*Рag бр. [18]* носи наслов: „Убрзање тачке у поларним координатама, изведено геометријским путем“. Аутор каже: „Ми ћемо овде изложити једну чисто геометријску методу, по којој ћемо убрзања  $u_r$  и  $u_\phi$  добити непосредно из два суседна елементарна пута тачке М.“

*У рагу бр. [20]*, под насловом: „Стереометријско претстављање момената равних фигура“ аутор се у ствари бави статичким моментом и моментом инерције области у равни и успоставља релације између њих. Изводи следеће ставове: статички момент једне равне области  $F$  око праве „а“ која лежи у њеној равни једнак је запремини правог цилиндра са основом  $F$ , чију горњу границу чини раван нагнута под  $45^\circ$  према равни основе која сече осу „а“; полупречник инерције равне области  $F$  јесте средња геометријска пропорционала између растојања тежишта површине  $F$  и одстојања тежишта раније дефинисаног цилиндарског тела од поменуте осе „а“.

*Рag [21]* носи наслов: „Инваријанта сила изражена у тетраедричним координатама“ односи се на систем сила у простору, при чему аутор полази од познате чињенице да се такав систем може на три начина заменити еквивалентним системом од два елемента: крстом сила; главним вектором сила и главним вектором момената за изабрану редукциону тачку; и динамом, тј. скупом од два колинеарна главна вектора сила и главна вектора момената. Разлагањем крста сила на шест координата које представљају ивице тетраедра долази до појма тетраедричних координата и у вези са овим изводи одређене релације. Аутор се такође бави и статичком инваријантом коју представља скаларни производ главног вектора сила и главног вектора момената.

*Рag бр. [22]*: „Проблем брахистохроне и развитак варијационог рачуна“ представља неку врсту историјског осврта у коме је описан допринос највећих научника из области механике развоју варијационог и диференцијалног рачуна. Рад почиње позивом, који је објављен јуна 1696.г. у лајпцишком часопису „Acta Eruditorum“, следећег садржаја:

„Ако су у вертикалној равни дате две тачке А и В, треба покретној тачки прописати путању АМВ по којој ће полазећи из А, услед своје сопствене тежине за најкраће време стићи у В.

Да би љубитељи оваквих ствари добили вољу да се на решавање овог проблема одваже, не треба да мисле да је ово просто спекулисање и да нема практичне вредности као што би могло изгледати. Напротив, показује се и за друге гране науке сем механике као врло корисно, што би се једва веровало. Да би предупредио брзоплети суд, морам напоменути да је права АВ додуше најкраћа

линија између А и В али није пређена за најкраће време. Али је крива АМВ геометрима врло позната линија коју ћу именовати ако то по истеку ове године нико други не буде учинио.“

Овај позив на такмичење упутио је по тадашњем обичају математичара „најоштроумнијим математичарима целог земаљског шара...“ Јохан Бернули (1667–1748) родом из Базела.

Према Арновљевићу, решење је први дојавио Лајбниц, али га није предао Бернулију, већ је замолио продужење рока, како би своје решење публиковао. У међувремену задатак су решили и Њутн, Лопитал и Јаков Бернули, старији Јоханов брат. Сва три решења слагала су се у томе да је тражена линија циклоида са хоризонталном основом. Радови браће Бернули објављени су у мајском броју *Acta Eruditorum* 1969.г.

На овај начин Арновљевић наставља свој веома занимљив и читљив историјски преглед.

Још један рад професора Арновљевића спада у ову групу радова, а то је *pag бр. [12]* из 1918. у коме аутор показује да теорема о пројекцијама количине кретања представља специјалан случај теореме о моменту количине кретања за осу која се налази у бесконачности. Према писању М. Вречка [1] овај је рад настао као напомена учињена *Appell*-у, коју је овај последњи дао да се публикује. Ова епизода из Арновљевићева живота описана је у последњем одељку овог текста („Цртице из живота“).

### б) Радови из области геометрије

*Pag бр. [14]* под насловом „Кривина линија у геометриском излагању“ садржи појмове и објашњења из диференцијалне геометрије који се односе на криву линију: тангента (пунктуалне координате криве и тангенцијалне координате криве), кривина криве, прелом, оскулациони круг, угао торзије, главна нормала, бинормала, *Lancret*-ова теорема, оскулациона лопта, природна једначина криве, параметарске једначине криве итд.

Рад је написан веома приступачно, тако да може нематематичаре да упуту у ову област диференцијалне геометрије.

*Pag бр. [15]* „Геометријска дедукција извода вишег реда кружних функција  $\sin x$  и  $\cos x$ “ који је потписан овим редом: И. Арновљевић и Б. Петронијевић. Из наслова се види предмет рада. На крају рада дата је примедба која гласи: „Како се каже, најозбиљнија замерка Лајбницовом диференцијалном рачуну јесте она коју је учинио холанђанин В. Nieuwentijt: изводи вишег реда неке функције

не могу да егзистирају, будући да они не располажу геометријском представом. Елем, у нашем раду ми смо установили, по први пут на непрекоран начин, геометријску егзистенцију извода вишег реда неке функције.“

*Рад бр. [19]:* „Луци другог степена“. Аутор почиње напоменом да се за „геометријску осовину“ неког свода или лучног носача обично бира најједноставнија крива линија, крива другог степена. Даље полази од опште једначине кривих другог степена и врши анализу. На крају рада је дат пример у коме, зависно од параметара који се јављају као коефицијенти у једначини, једначина представља један од конусних пресека.

#### в) Радови из области теорије конструкција

*Рад бр. [13]:* „Поларне отпорне линије ослонаца код лучног носача са два зглавка“ почиње појмовима везаним за оптерећење носача, за врсте носача и лежишта, за проблем статичке одређености и неодређености и за реакције ослонаца. Затим дефинише отпорну линију лука на два зглоба, као геометријско место пресечних тачака једне и друге реакције за покретну концентрисану силу на носачу. Даље, говорећи о покретном терету, уводи појам утицајних линија.

Прелазећи на непосредан предмет рада, дефинише поларну отпорну линију као криву коју описује врх вектора реакције (левог ослонца) двозглобног лука, када се произвољно вертикално оптерећење помера по луку. Средиште левог зглоба је при томе центар поларног координатног система. Аутор такође успоставља релацију између утицајне линије за хоризонталну компоненту реакције и поларне отпорне линије. Израчунате су и анализиране поларне отпорне линије за концентрисани вертикални терет, за једнолико подељени терет променљиве дужине, за подељени терет сталне дужине, за терет који се састоји од низа концентрисаних сила на једнаком растојању, при чему је број сила сталан или променљив.

*Рад бр. [16]* под насловом: „Прилози статисти равних носача“ састављен је од три дела, а садржи неке геометријске интерпретације и финесе у вези са статиком у равни. Овај рад је у извесном смислу наставак на рад бр. [4] (в. радове из области механике).

У раду се почиње са дефиницијом моментне равни за једну силу, тако да је апликаата моментне равни, мерена нормално на раван сила, једнака редукционом моменту силе за тачку у подножју апликате. Овако конструисана раван сече раван сила по нападној линији силе којој припада посматрана моментна раван. Пад

моментне равни у неком правцу пропорционалан је компоненти силе управној на тај правац, па је највећи пад равни пропорционалан интензитету силе. Затим аутор посматра систем сила и њему одговарајући моментни полиедар који продире раван сила по резултантном полигону. Према аутору, моментни полиедар је од теоријског интереса, „што се њиме као јединим геометријским телесним саставом дају приказати нападни моменти у тачкама једне равне плоче, док су за њихово графичко приказивање у равни потребна два равна састава, верижни (резултантни) полигон и полигон сила“. Када је оптерећење континуално, моментни полиедар прелази у криву праволинијску површ. Помоћу тангетне равни ове површи могу се одредити и силе у пресеку носача.

У другом делу истражују се геометријски односи између верижних полигона и моментног полиедра, док у трећем делу, који је публикован у току исте године као и прва два, проучава се „једноставни оквир“ и његови „статички одређени облици“.

### ПРИКАЗИ РАДОВА ПРОФ. АРНОВЉЕВИЋА

У материјалима Архива САНУ [VII] постоје подаци о приказима радова проф. Арновљевића, које је он својом руком написао, одговарајући на питања из „Упитника за научне раднике“. Подаци се наводе редом како их је записао сам аутор, а једино је додата нумерација 1), 2) итд.

- 1) „Српски технички лист“, Београд 1908, бр. 48 приказује рад бр. [3].
- 2) „Српски технички лист“, Београд 1910, бр. 11 даје кратке изводе радова бр. [7], [8] и [9].
- 3) „Annales des ponts et chaucés“, Paris 1908, I partie, p. 168, доноси опширнији извод рада бр. [5].
- 4) У својој расправи *Über die Festigkeit von Löt-Leim-und Nietverbindungen*, Öst. Wochenschrift f.d.öff. Baudienst, 1919, Heft 7/8, а затим у специјалном броју часописа „Schweisstechnik“, Die Wasserwirtschaft, Wien-München No 30–31, 1932. наводи Dr P. Fillanger, професор Високе техничке школе у Бечу, да су радови бр. [5], [6] и [7], прва теоријска истраживања о везама помоћу закивака и адхезије. Тек 10 година касније објавио је Fillanger горе поменути расправу.
- 5) У допису *Zeitschrift-u für Angewandte Mathematik und Mechanik* од 1932, Bd. 12, Heft 4, S.256, наглашује Fillanger приоритет мога чланка бр. [7] и овде горе поменуте расправе према A. Lockschin-y.

- 6) Проф. Josef Melan у Прагу наводи у свом уџбенику *Der Brückenbau* 1914, III Bd., 1. Hälfte, чланке бр. [5] и [6].
- 7) Проф. Timoshenko S. у свом уџбенику *Soprotivlenije materijalov* 5. изд., 1923, стр. 166, позива се на чланак бр. [8].
- 8) Проф. Timoshenko S. у уџбенику *Strength of materials*, Post I, p. 144, позива се на чланак бр. [8].
- 9) Ing. Fr. Bleich у свом уџбенику *Theorie und Berechnung der eisernen Brücken*, 1924, наводи чланке бр. [5] и [6] као прва теоријска испитивања о закивицама.
- 10) „Hütte“ Der Ingenieurs Taschenbuch I, 22. Heft, 1915, S. 580. (цитирано неколико радова, додала Н.Н.В.).
- 11) Ing. Dr Rudolf Kalina, Wien у чланку *Die Spannungsverteilung in Blechträgern mit unterbrochenen Schweissnähten*, *Der Stahlbau*, Jahrgang 7, Heft 5, S. 37–40, 1934, наводи 22 референце од којих су четири рада проф. Арновљевића, и то [5], [6], [7] и [9].
- 12) Ing. Dr R. Kalina у чланку *Über das Zusammenwirken von Stirn- und Flankennähten*, *Der Stahlbau*, Beilage zur Zeitschrift Die Bautechnik, 7. Jahrgang, Berlin, 22 Juni 1934, Heft 13, S. 97–100, на стр. 97 позива се на рад бр. [3].
- 13) *Der Eisenbau*, I Jgang., 1910, № 10.  
Напомена: подаци под 10) до 13) нађени су у једном другом набрајању „часописа и уџбеника у којима се наводе чланци Ив. Арновљевића“, како је то аутор својом руком написао. При томе је последњи податак непотпун, а подаци под 11) и 12) допуњени су увидом у наведене часописе.
- 14) *Хрватска енциклопедија*, Сvezak 1, Загреб 1941, на стр. 643. даје у 11 редова биографске и радне податке за бечки период и на Универзитету у Београду. Помињу се чланци штампани у страним и домаћим часописима. Као најважније наведене расправе [5], [6] и [7] са насловима.
- 15) *Енциклопедија Југославије*, изд. и наклада Лексикографског завода ФНРЈ, Загреб MCMLV, стр. 207, посвећује проф. Арновљевићу 19 редака нормалног текста плус, у 17 редака петитом, скоро комплетну библиографију свих радова публикованих у иностранству, скоро свих радова публикованих на нашем језику и преглед написаних књига. У првих 19 редака дата је биографија од почетка студија, затим рад на инжењерским пословима у Бечу, научни радови из тог периода, цитирање у *Hütte*-у. Рад на Универзитету у Београду, пензионисање, наставак рада у настави до 1941. Избор за дописног члана САН.

## ИЗБОР АРНОВЉЕВИЋА ЗА ЧЛАНА САН

Предлог за избор Арновљевића за члана САН потекао је са Техничког факултета. Ценећи његове заслуге за развитак Техничког факултета, предложено је САН-у да га изабере за „правог“ (редовног) члана свога Одељења техничких наука.

Реферат, под датумом 15.II.1948.г. [VII] који је садржавао Биографске податке, Оцену научног рада и Предлог, написао је академик Милутин Миланковић, који је иначе био од 1924.г. члан Одељења природно-математичких наука. Одељење техничких наука било је у то време у оснивању.

У свом реферату академик Миланковић се похвално изразио о расправама које је Арновљевић објављивао у стручним часописима Аустрије, Немачке и Француске. Академик Миланковић утврђује да „иако се (расправе) углавном баве проблемима технике, строго су научног карактера, јер њима се решавају проблеми Механике на чисто научној основи.“ Даље се у реферату каже да се у својим уџбеницима И. Арновљевић појављује и као научник и као инжењер, што је спој који се ретко налази у једној особи; да је наставу механике подигао „на далеко виши степен, него што га је она имала пре њега,“ а исто тако је својим знањем и преданошћу научном раду много допринео и подизању општег научног нивоа Техничког факултета.

Академик Миланковић се даље не дотиче предлога Техничког факултета, већ наводи да Скуп Одељења природно-математичких наука САН, увиђајући да би Арновљевић својим квалитетима представљао гаранцију за правилан развитак Одељења техничких наука, предлаже избор Арновљевића за дописног члана Одељења техничких наука САН.

На тај начин је Арновљевић, 18. марта 1948.г., изабран за дописног члана Српске академије наука.

После тога, 8. септембра 1948.г. Арновљевић је постао члан Савета Математичког института САН.

Може се приметити да је Арновљевић био члан Српске академије наука једва нешто више од три године.

## ЦРТИЦЕ ИЗ ЖИВОТА ПРОФЕСОРА АРНОВЉЕВИЋА

1. Из публикованог говора академика Миланковића на сахрани Арновљевића [II] преузима се део који приказује однос двојице научника и земљака у добу у коме су живели:

„Са Арновљевићем сам се, као што сам већ споменуо, упознао и спријатељио пре скоро пола века, а случај или воља судбине су хтели да наше стазе иду напореда, једна поред друге. Били смо обојица, иако за десет година временске разлике, ђаци бечке Технике, онда и инжењери, а *црви међу Србима* (подвукла Н.Н.В.), *доктори техничких наука*. У Бечу нас обојицу потресе грозница анексионе кризе и показа нам да живимо у држави која је постала... непријатељ српском народу. То нас определи да, поред свег материјалног благостања које смо овде уживали, вратимо се у крило свога народа, у његову метрополу Београд. Постасмо један за другим, а у размаку од године дана, професори београдског Универзитета. Ту смо првих година становали у истој кући, хранили се за истим столом и држали своја предавања у старој згради Универзитета.“

2. Арновљевић је из генерације којој је било суђено да доживи оба балканска рата и оба светска рата. За време балканских ратова био је мобилисан и као војни обвезник распоређен на рад у Одељење за цензуру. Међутим, време Првог светског рата Арновљевић је провео у аустријском заробљеништву.

Наиме, када је рат отпочео, Арновљевић се затекао у Lienz-у, у посети једном свом пријатељу, где је дорађивао рад бр. [13]. Међутим, 25. јула 1914.г. почињу његове невоље: затворен у касарни у Lienz-у, затим у војном затвору у истом месту, а затим под војном стражом пребачен у Kufstein у тврђаву Geroldseck [1]. Начин третирања и сумњицење за шпијунажу њега и његовог пријатеља чији је био гост, нарушили су Арновљевићево физичко и психичко здравље. Тек по ступању Италије у рат на страни савезника, Арновљевић бива пребачен у град Raabs, где су била конфинирана лица из свих савезничких земаља.

Одбор швајцарских високих школа за помоћ заробљеним студентима, достављао је књиге и научна дела појединцима који су за то имали интерес. Тако је Арновљевић затражио и добио Н. Appell-ово дело: *Traité de mécanique rationnelle*, које је затим у периоду од маја 1916.г. до фебруара 1917.г. пажљиво проучавао. У вези с тим саопштио је касније једну напомену непосредно Appell-у, који је Арновљевићев текст предао ради публиковања уредништву часописа „Nouvelles annales de mathématiques.“ Ово је заправо историјат и побузда рада бр. [12] (в. Списак).

У време свог заробљеништва, између јануара и јуна 1918.г., Арновљевић се бавио и наставом, држећи предавања из основа физике српским студентима који су пред рат студирали медицину у Аустрији.

Период заробљеништва завршио се новембра 1918.г. Предавања на Универзитету у Београду наставила су се маја 1919.г. [1].

3. Ево неколико успомена некадашњих студената Техничког факултета, бивших ђака професора Арновљевића, који су касније и сами постали професори Универзитета.

Проф. др Сава Јањић се Арновљевића сећа као „финог господина“, малог до средњег раста, скроман чичица. Књиге су му биле савршене. Осим тога, он је један од малог броја људи који су у то време писали књиге.

Проф. др Марко Аћимовић је полагао код проф. Арновљевића 1931.г. „Изванредан човек и професор“. Проф. Аћимовић је слушао сва његова предавања и хватао текст „in extenso“. Један други студент, машинац, прецртавао је слике. Затим су та „скрипта“ опремили и требало је да их Арновљевић ауторизује. Аћимовић се сећа да им је Арновљевић *ex cathedra* испричао неку врсту пошалице на начин близак студентима, вероватно у намери да их заинтересује за Ајнштајнову теорију: свет око нас има три димензије. Тако бар видимо. Међутим, има их који се са тиме не слажу. Они кажу да постоје четири димензије. Према заступницима четвородимензионе концепције света, овима првима недостаје једна даска у глави и обрнуто. Питање је, ко је у праву?

Проф. др Владимир Шолаја је пре рата започео студије у Загребу, али је после рата полагао механику, и то из два дела, кинематику марта 1947. и динамику маја 1947. Полагао је код Арновљевића, који је већ био у пензију, па га је покривао проф. Хлитчијев. Усмени испит се полагао у стану Професора. Био је то самачки стан, врло скроман. Професор је био човек врло уредан по природи, па му је тако изгледао и стан. У стану сто са тамним столњаком, није био писаћи сто, соба доста тамна, на столу књиге.

Шолаја се сећа и неких питања. Била су то, судар три тела, затим кретање воза у кривини. Био је „крајње фини и крајње пристојан човек, благонаклон“. Уживао је у томе што је Шолаја знао: као дечачић се радовао што испит добро иде. Покушавао је да са датим питањима повеже неки пример из праксе.

Професор Арновљевић није волео да обара, али је код незнања на испиту умео да буде и непријатан. Иначе, „из очију му се видела доброта“. Студенти су га звали „Чика Ива“.



## БИБЛИОГРАФИЈА РАДОВА ИВАНА АРНОВЉЕВИЋА

## ПЕРИОДИКА

1906.

1. *Ein Fall des eingespannten auf Zug und Biegung beanspruchten Stabes.* – *Zeitschr. d. österr. Ing. und. Arch.* – Vereines, Wien, No 34, S. 480–483.

1907.

2. *Der elastisch eingespannte auf Zug und Biegung beanspruchte Stab; Österr.* – *Wochenschrift f.d. öffentl. Baudienst*, Wien, Heft 4, S. 61–65.
3. *Der eingespannte auf Druck und Biegung beanspruchte Stab; Österr.* – *Wochenschrift f.d. öffentl. Baudienst*, Wien, S. 372–378.
4. *Die Gleichgewichtsbedingungen eines starren ebenen Systems; Österr.* – *Wochenschrift f.d. öffentl. Baudienst*, Wien, Heft 23, Sonderd. S. 1–2.

1908.

5. *Zur Kraftverteilung in genieteten Staben; Österr.* – *Wochenschrift f.d. öffentl. Baudienst*, Wien, S. 607–615. (Neznatno skraćeno i u *Annales des ponts et chaussées*, IV, 1908).

1909.

6. *Inanspruchnahme der Anschlussnieten elastischer Stäbe.* – *Zeitschrift f. Architektur und Ingenieurwesen*, Hannover, Heft 2, S. 90–106.
7. *Das Verteilungsgesetz der Haftspannung bei axial beanspruchten Stäben.* – *Zeitschrift f. Arch. und Ingenieurwesen*, Hannover, Heft 5, Sonderd. S. 1–4.
8. *Nebenspannungen der Querträger infolge steifer Längsträgeranschlüsse.* – *Wochenschrift f.d. öffentl. Baudienst*, Wien 1909. Heft 38, Sonderd. S. 1–4.

1910.

9. *Beitrag zur Theorie der Verbundbalken insbesondere der genieteten Träger.* – *Zeitschrift f. Arch. und Ingenieurwesen*, Hannover, Heft 1, S. 58–74.

1911.

10. *Однос механике према инжењерским наукама; приступно предавање одржано 27. септембра 1910.г.* – *Технички лист*, Београд, стр. 2–9; или: у Штампарија К. Грегорића и Друга; 24 стране.

1914.

11. *Knotenverschiebungen ebener Fachwerke bei veränderlicher Lastrichtung.* – *Der Eisenbau*, Leipzig, V, No 3, S. 92–97.

1918.

12. *Sur les théorèmes des projections et des moments des quantités de mouvement.* – *Nouvelles annales des mathematiques*, Paris, p. 139–141.

1919.

13. *Polarne otporne linije oslonaca kod lučnog nosača sa dva zglavka.* – Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti u Zagrebu. Izvješća o raspravama matematičko-prirodoslovnog razreda 1919. Svezak 11 i 12, str. 81–91, knjiga 221 razreda matematičko-prirodoslovnoga, 64, str. 57–90.

1922.

14. *Кривина линија у геометријском излагању.* – Споменица С.М. Лозанића, [s. n. t.] Београд, 11 стр.

1923.

15. *Déduction géométrique des dérivées supérieures des fonctions circulaires  $\sin x$  et  $\cos x$ ;* (заједно са Б. Петронијевићем). – L'enseignement mathématique, No, 5–6, p. 297–304, Genève 1924.

1924.

16. *Прилози ситајници равних носача:* I Полиедар нападних момената, II Геометријски односи између верижних полигона и моментног полиедра, III Једноставни оквир и његови статички одређени облици. – Технички лист, Загреб, годиште VI, бр. 17, 20 и 23, стр. 208–209, стр. 249–251, стр. 313–316.

1928.

17. *Кинетички притисак звона.* – Технички лист, Загреб, година X, бр. 2, стр. 26–30.

1929.

18. *Убрзање тачке у поларним координатама, изведено геометријским путем.* – Технички лист, Загреб, година XI, бр. 15 и 16, стр. 225–226.

1930.

19. *Луци грубог ситена.* – Технички лист, Загреб, година XII, бр. 3, стр. 40–41.

1935.

20. *Стереометријско представљање момената равних фигура.* – Годишњак Техничког факултета, Београд, сепарат стр. 1–5.

1937.

21. *Инваријантна сила изражених у тетадричним координатама.* – Годишњак Техничког факултета, Београд, сепарат стр. 1–5.

1947.

22. *Проблем брахистохроме и развијак варијационог рачуна.* – Наука и техника, Београд, стр. 268–271, стр. 333–337, стр. 436–441, стр. 519–522.

## СПИСАК СКРИПАТА И КЊИГА ПРОФЕСОРА АРНОВЉЕВИЋА

1910/11.

1. *Предавања из Механике и Опшорносџи маџеријала*. Табаци, 372 стране, Београд. – Београд, 1911/12.г.
2. *Предавања из Сџаџике инжењерских консџрукција*. Табаци, 172+136 стр. – Београд, изд. К.М. Бојковић, Македонска 21, Београд.

1933.

3. *Основи науке о чврсџоџи*. – Београд, Графички завод при Техничком факултету, 143 стране.

1934–1938.

Предавања из Теоријске механике (литографисана, изд. Удруж. студ.техн.):

4. I део: *Увод у Механику и Механика џачке*. – Београд 1934, 554 стр.
5. II део: *Сџаџика маџеријалних сисџема*. – Београд 1935–1937, 336+337 стр.
6. III део: *Оџџџе механичке џеореме сисџема маџеријалних џачака. Кинематџика круџџих сисџема џачака*. – Београд 1936; 336+254+227 стр.

1947–1949.

Основи Теоријске механике:

7. I. *Увод у Механику. Механика џачке*. – Београд, Научна књига, 1947. VII+254 стр.
8. II. *Сџаџика у равни*. – Београд, Научна књига 1948; VII+194 стр.
9. III. *Оџџџе џеореме сисџема џачака. Кинематџика круџџих сисџема*. – Београд, Научна књига, 1947.; VII+252 стр.
10. IV. *Динамика у равни*. – Београд, Научна књига, 1948; VIII+190 стр.
11. V. *Сџаџика у џросџору*. – Београд, Научна књига, 1949; VIII+174 стр.
12. VI. *Динамика у џросџору*. – Београд, Научна књига, 1949; VII+152 стр.

## ПРЕВОДИ

1926.

13. J. Tappery: *Теоријска маџематџика*; (О методу у наукама, I серија, свеска прва). – Београд, Педагогџска књижница св. 40, 41, 42.

1927.

14. F. Auerbach: *Сџџрах од маџематџике и како да џа савладамо*. – Београд, Педагошка књижница, св. 32 и 33.

1928.

15. P. Painlevé: *Механика*; (О методу у наукама. Прва серија, свеска друга). – Београд, Педагогџска књижница, св. 51, 52, 53.

16. Н. Bouasse: *Опшћа физика*; (О методу у наукама. Прва серија, свеска друга). – Београд, Педагогијска књижница, св. 51, 52, 53.

## РАДОВИ О ИВАНУ АРНОВЉЕВИЋУ

- I. Милан Вречко: *Др шехн. Иван Арновљевић*. – САН, Зборник радова, књ. XVIII, Математички институт, књ. 2, стр. 1–8, Београд 1952.
- II. *Говор академика М. Миланковића на погребу почившег дописника Академије Ивана Арновљевића 9. новембра 1951.г. (редакција)*. – Наука и техника, год. VII, бр. 11 и 12, стр. 412–414, новембар-децембар, Београд 1951.
- III. Милутин Миланковић: *Успомене, доживљаји и сазнања*. – Детињство и младост (1879–1909), Београд 1979, коришћено: стр. 357–359.
- IV. Милутин Миланковић: *Успомене, доживљаји и сазнања*. – Књига прва: Детињство и младост (1879–1909), Нолит-Београд 1988, коришћено: стр. 423–428.
- V. Милутин Миланковић: *Успомене, доживљаји и сазнања из година 1909. до 1944.* – САН, Посебна издања, књ. СХСV, Одељ. природно-математичких наука, књ. 6, Београд 1952, коришћено: стр. 10–11.
- VI. *Грађевински факултети 1948–1978. године* (Монографија), Београд 1978, коришћено: стр. 171–173.
- VII. Архив САНУ: *Досијеи преминулих чланова Академије*. – Иван Арновљевић.

## IVAN ARNOVLJEVIĆ

(1869–1951)

Ivan Arnovljević was born on March 7, 1869 at Velika Kikinda, and died in Belgrade on November 9, 1951.

After finishing school at Kikinda and Novi Sad, he received scholarship from Matica srpska to study in Vienna from 1886 to 1892 where he graduated from Technical High School. Thereafter, from 1892 to 1910, he worked in Vienna as construction engineer, first in private construction bureaux and from 1905 in government service.

Between 1906 and 1910, Ivan Arnovljević published nine treatises in Austrian and German technical periodicals, and in 1910 he received doctorate at the High Technical School in Vienna. Thus, with Milutin Milanković somewhat earlier, he became one of the first Serbian doctors of technical sciences. In the same year Dr. Ivan Arnovljević was elected professor of mechanics at the Belgrade University's Technical Faculty. He kept the chair until May 20, 1939, when he retired, but continued teaching kinetics and dynamics until March 27, 1941.

Prof. Dr. Ivan Arnovljević wrote 22 scientific and pedagogical treatises. His works were quoted in 13 foreign and local books, mostly by Austrian and German scientists. His main interest were problems concerning stresses in steel girders and coupled systems. His pedagogical works dealt mainly with the fields of mechanics, geometry and statics. All his books he wrote alone except one where B. Petronijević coauthored.

He was elected corresponding member of the Serbian Academy of sciences, department of technical sciences, in 1948.

